

Revista Brasileira de Cartografia (2014) N° 66/3: 519-535
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
ISSN: 1808-0936

CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DO OURO NO MUNICÍPIO DE PIRASSUNUNGA (SP), COMO SUBSÍDIO AO ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL

Mapping the Physical Environment of Basin Ribeirão do Ouro in the Municipality of Pirassununga (SP), how to Grant Zoning Geoenvironmental

Luiz Fernando Lossardo¹ & Reinaldo Lorandi²

¹Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil,

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

Avenida Frederico Ozanan 1052, Jardim São Vicente - CEP 13670-000, Santa Rita do Passa Quatro - SP – Brasil.

llossardo@hotmail.com

²Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil,

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

Rodovia Washington Luis, km. 235. Monjolinho – CEP 13565-905. São Carlos - SP – Brasil.

lorandi@ufscar.br

Recebido em 05 de Setembro, 2013/ Aceito em 02 de Fevereiro, 2014

Received on September 05, 2013/ Accepted on February 02, 2014

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo reunir informações sobre o meio físico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro em Pirassununga-SP visando, além de um melhor entendimento do local, o subsídio para a discussão da gestão ambiental e do desenvolvimento mais sustentável do território abrangido por esta área de estudo através da sua compartimentação. Neste contexto, o mapa das Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs), considerado um documento cartográfico muito importante é elaborado para a compartimentação da área de estudo em unidades homogêneas, ou seja, compartimentando a bacia em porções com características e propriedades geológicas-geotécnicas semelhantes. A Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro está localizada em quase sua totalidade no município de Pirassununga, interior de São Paulo, totalizando uma área de 12.594,81 ha ou 125,94 Km² de extensão, estando integralmente contida na Bacia do Rio Mogi Guaçu. Após todo processo de levantamento, utilização de ensaios laboratoriais existentes e disponíveis, trabalho de campo para checagem de informações e geoprocessamento, foram gerados novos materiais cartográficos, entre eles, o Mapa das Unidades Básicas de Compartimentação, o qual apresentou 18 unidades com características fisiográficas homogêneas.

Palavras-chave: Caracterização do Meio Físico, Unidades Básicas de Compartimentação, Zoneamento Geoambiental.

ABSTRACT

This work aims to gather information about the physical environment in the Basin Ribeirão do Ouro in Pirassununga SP, and a better understanding of the place, the subsidy for the discussion of environmental management and more sustainable development of the territory covered by this study area through its subdivision. In this context, the statement of the Partitioned Basic Units (PBUs), considered a very important cartographic document is prepared for the subdivision of the study area into homogeneous units, partitioning the basin into portions with features and geological and geotechnical properties similar. The Basin Ribeirão do Ouro is located almost entirely in the city of Pirassununga, São Paulo, totaling an area of 12,594.81 hectares or 125.94 square kilometers in length and are fully contained in the basin of Rio Mogi-Guaçu. After all survey process, using existing and available laboratory tests, field work to check information and geoprocessing, new cartographic materials were generated, among them the Map of the Partitioned Basic Units (PBUs), which had 18 units with homogeneous physiographic characteristics.

Keywords: Characterization of the Physical Environment, Partitioned Basic Units (PBUs), Zoning Geoenvironmental.

1. INTRODUÇÃO

O aproveitamento dos recursos naturais, sem a incorporação da vertente ambiental tem originado diversos problemas, os quais levam à necessidade de tratá-los de maneira sistêmica, buscando sempre adequá-los aos princípios do desenvolvimento sustentável como valorização, preservação e utilização adequada dos recursos que a natureza nos proporciona. Nos dias atuais, quando se fala em desenvolvimento sustentável, associa-se ao novo paradigma do desenvolvimento. Na prática, a maior parte dos problemas ambientais envolve disfunções de caráter social, cuja solução depende decisivamente da esfera política.

A primeira conferência mundial do meio ambiente em Estocolmo no ano de 1972, iniciou as discussões internacionais sobre a necessidade de mudança de atitude e de estilo de desenvolvimento, onde uma mudança de paradigmas deve garantir o planejamento levando em consideração, além de interesses econômicos, as demandas sociais e a conservação da biodiversidade e do potencial geoambiental, evitando assim, a extrapolação dos seus limites físicos.

Vinte anos mais tarde, no ano de 1992, realizou-se no Rio de Janeiro a “Conferência das Nações Unidas sobre Meio-Ambiente e Desenvolvimento” (CNUMAD), também conhecida como ECO-92, onde foram produzidos vários documentos, entre eles destaca-se a Agenda 21”, documento que melhor expressa as intenções mundiais, também é chamado de Agenda 21 Global. Composto por recomendações e referências sobre como alcançar

o desenvolvimento mais sustentável, a Agenda 21 Global preocupa-se com os desdobramentos em nível de cada nação, com suas peculiaridades e características e também em nível de cada região e município, o que conseqüentemente emergiram diversos debates, dos quais o tema que merece destaque é o zoneamento ambiental.

A expressão Zoneamento, relacionada ao meio ambiente, foi por muito tempo atribuída às setorizações realizadas para apoiar planos de manejo em unidades de conservação, florestas, parques, etc. Relativo ao planejamento urbano e industrial, visando a destinação de áreas propícias à instalação de indústrias, a Lei 6.803/80, alavancou o que mais tarde seria declarado um instrumento de planejamento e gestão juntamente com os estudos e relatório de impacto ambiental (EIA/RIMA) e gerenciamento da bacias hidrográficas.

Posteriores resoluções do CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente, mencionam a expressão Zoneamento Ambiental, sem contudo, vincular com outros adjetivos como urbano, industrial, geoambiental, ecológico, etc.

Brasil (1984), por sua vez, vem definir a expressão zoneamento geoambiental como a setorização do espaço geográfico, de acordo com as suas potencialidades, restrições e problemas, estimando-se os limites máximos para a sua exploração racional, tendo em vista a conservação do meio ambiente.

Ohara et al. (2003), explica também que o zoneamento geoambiental deve ter como meta, o fornecimento de subsídios técnicos para orientar e elucidar a tomada de decisões na implementação de alternativas de desenvolvimento regional compatíveis com a

sustentabilidade e vulnerabilidade dos sistemas ambientais.

É importante salientar ainda que existem diversas metodologias empregadas em trabalhos de zoneamento geoambiental, onde de acordo com Cendrero (1989), irão se diferenciar em função das características geológicas e climáticas, do nível de ocupação humana e das atividades predominantes em cada região onde são aplicadas.

Dentre as características gerais da compartimentação, por sua vez, Vedovello (2000), aponta que a análise da forma de ocorrência dos elementos componentes do meio físico (ou elementos fisiográficos) vai depender do nível taxonômico e/ou hierárquico considerado, uma vez que, segundo o referido autor, a ocorrência de uma determinada unidade de relevo, em qualquer situação taxonômica, não determina, sozinha, a ocorrência dos demais elementos fisiográficos (geológicos, pedológicos, etc).

Assim, este trabalho teve como objetivo reunir informações sobre o meio físico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro em Pirassununga-SP através da sua caracterização e compartimentação, visando além de um melhor entendimento do local, o subsídio para a discussão da gestão ambiental e do desenvolvimento mais sustentável do território abrangido por esta área de estudo através da sua compartimentação. Dessa forma, após todo processo de levantamento, utilização de ensaios laboratoriais existentes e disponíveis, trabalho de campo para checagem de informações, análises fotointerpretativas e geoprocessamento, foram gerados novos materiais cartográficos, entre eles, o Mapa das Unidades Básicas de Compartimentação.

A utilização de técnicas de compartimentação de terrenos pode ser identificada nos mais diferentes trabalhos que versam sobre avaliação territorial ou sobre o seu monitoramento, O termo paisagem, por exemplo, começou a ser utilizado principalmente associado às abordagens ecológicas, baseando-se principalmente no reconhecimento de padrões dos elementos geomorfológicos e não geomorfológicos tais como vegetação e feições de natureza antrópica. Por outro lado, as abordagens predominantemente

geomórficas, começaram a ser referidas como fisiográficas, passando a ser utilizado para referir-se genericamente às avaliações do terreno baseadas nos elementos ambientais de natureza geomórfica: solos, rochas, relevos e, por vezes, a vegetação. Em linhas gerais, Vedovello (2000), esclarece que uma compartimentação fisiográfica consiste em dividir uma determinada região em áreas que apresentem internamente características fisiográficas homogêneas e que sejam distintas das de áreas adjacentes, tendo como resultado o Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação, importante documento para a delimitação da Carta de Zoneamento Geoambiental.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

As atividades de caracterização do meio físico foram realizadas através de levantamento de dados bibliográficos e cartográficos já existentes e fotointerpretação de fotografias aéreas auxiliadas por levantamentos em campo. Os dados obtidos foram organizados em um Sistema de Informações Geográficas e os produtos cartográficos resultantes publicados em escala 1:50.000.

A base cartográfica da área de estudo, constituída pela articulação das Folhas Pirassununga, Descalvado, Corumbataí e Leme, foi digitalizada e georreferenciada, resultando no Mapa de Documentação, contendo informações como altimetria (curvas de nível), rios e corpos d'água, estradas de rodagem, etc., as quais através da utilização do software Auto Cad Civil 3D 2012, permitiram a produção de cartas derivadas como a de Declividades, de Hipsometria, de Sub-bacias, entre outras.

Os Mapas de Formações Geológicas de Superfície e Materiais correspondentes à área de estudo foram obtidos através do material cartográfico produzido por Galiano (2001), sendo que também foram devidamente organizados e armazenados em uma base cartográfica digital.

O Mapa de Uso e Cobertura do Solo foi produzido através da fotointerpretação de fotografias aéreas auxiliadas por trabalhos de campo, os quais deram suporte também, para a produção do Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação.

3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro (Figura 1) possui 125,94 Km² e trata-se de uma sub-bacia do Rio Mogi-Guaçu, tendo sido definida a partir do estabelecimento dos divisores de água identificados através da leitura e interpretação de cartas topográficas editadas pelo IBGE na escala de 1:50.000, englobando parte das folhas de Pirassununga, SF-23-V-C-V-3; Descalvado, SF-23-V-C-IV-4, Leme, SF-23-Y-A-II-1 e Corumbataí, SF-23-Y-A-I-2. A BHRO engloba predominantemente terras do município de Pirassununga (SP), o qual também possui sede dentro da referida área, englobando ainda uma pequena parte da região sul do município de Porto Ferreira (SP).

As variações altimétricas da região de estudo são suaves e variam entre 540m na foz do Ribeirão do Ouro no Rio Mogi-Guaçu e 780m nas cabeceiras mais elevadas da BHRO. Segundo a divisão geomorfológica do Estado de São Paulo (SÃO PAULO-FFLCH/USP-IPT-FAPESP, 1997), a área do projeto localiza-se na unidade morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná, abrangendo parcialmente duas subunidades morfoesculturais, que são: Depressão Periférica

Paulista com sua subunidade Depressão de Mogi-Guaçu, com as rochas sedimentares do paleozóico e algumas manchas de diabásio, seguido pelo chamado planalto basáltico ou Cuestas Basálticas com suas “terras roxas”, e o Planalto Ocidental Paulista e sua subunidade Planalto Residual de São Carlos, com as rochas do “grés” de Bauru, como fora denominado no início do século XX (QUEIROZ NETO, 2001).

A unidade morfoescultural denominada Planalto Residual de São Carlos corresponde a uma pequena parcela localizada a sudoeste da BHRO, onde predominam formas de relevo denudacionais, cujo modelado dessa unidade se constitui basicamente por colinas de topos convexos e tabulares. A Depressão de Mogi Guaçu, por sua vez, ocupa quase a totalidade da área de estudo e se caracteriza pelo predomínio de formas de relevo denudacionais, cujo modelado desta unidade se constitui basicamente por colinas de topos tabulares amplos, onde os vales são entalhados até 20m e a dimensão interfluvial oscila entre 1.750 a 3.750m. (Ross & Moroz, 1997)

O clima da região é do tipo CWA, de acordo com a classificação de Köpen, ou seja, clima tropical com inverno seco e verão muito quente e chuvoso, com precipitação máxima maior ou

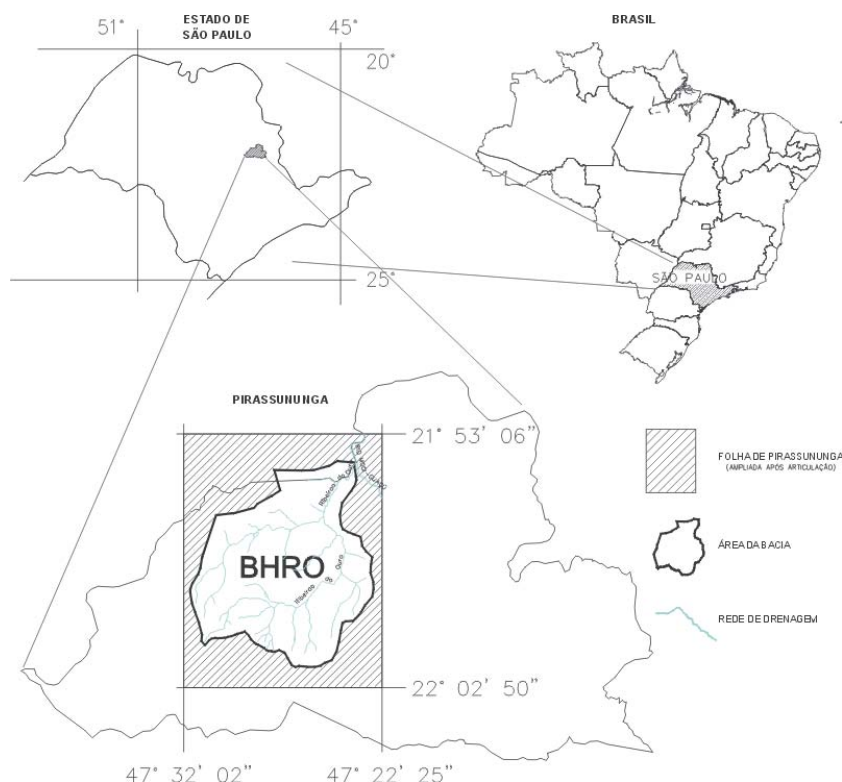


Fig. 1 – Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro

igual a dez vezes a precipitação de mês mais seco. A duração do período seco é de três meses (junho, julho e agosto), e o índice pluviométrico anual é de 1.232,6mm, sendo o período de chuvas de outubro a março. A temperatura anual média é de 22°C, a média das máximas é de 28,2°C, e das mínimas 15,84°C, segundo dados de 1976 a 1998, da estação Meteorológica de Aeródromo da Academia da Força Aérea, localizada ao sul da quadrícula, nas coordenadas 21°59'S e 47°21'W e 599m de altitude (Gisler, 2000).

A região onde está inserido o município de Pirassununga, o qual possui quase a totalidade da área de estudo, é considerada uma das mais produtivas do Nordeste do Estado de São Paulo. Com uma área de 727 km², a economia municipal é constituída basicamente pelas indústrias, comércio e prestação de serviços, apresentando também uma participação do setor agropecuário. O PIB – Produto Interno Bruto do Município atinge 914,44 milhões de reais.

Embora a agricultura não seja o setor mais expressivo da economia dos municípios que compõem a BHRO, grande parte do seu território apresenta-se coberta por áreas de cultivo de cana-de-açúcar, eucalipto e laranja, além das grandes áreas de pastagem da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP. No interior da área de estudo, a exploração agrícola de cana-de-açúcar desenvolve-se em solos aparentemente com melhores propriedades físicas e químicas, enquanto que o reflorestamento (eucalipto) e a citricultura são cultivados em solos de textura mais arenosa.

Quanto à cobertura vegetal natural das terras da região, ao que tudo indica, pertenceu ao subtipo floresta latifoliada tropical que, com o decorrer do tempo, foi quase totalmente erradicada, restando poucas áreas preservadas. Segundo informação Instituto Florestal do Estado de São Paulo, o município de Pirassununga apresenta ainda 6,19% da sua área total com vegetação natural, onde deste percentual, os tipos que mais se destacam são a Capoeira, pela sua quantidade no município; o Cerrado e o Cerradão por possuírem unidades mais extensas e mais próximas à área urbana.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O desenvolvimento da coleta de dados do

meio físico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro foi realizado em escala de 1:50.000, no sistema de coordenadas UTM – Córrego Alegre – Fuso 23 e resultou em um banco de dados com os atributos considerados essenciais e necessários à elaboração do Zoneamento Geoambiental, os quais tem as suas formas de obtenção, tratamento e resultados obtidos, descritos a seguir.

4.1 Mapa Cadastral

O Mapa Cadastral da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro (BHRO) foi definido a partir do estabelecimento dos divisores de água identificados através da leitura e interpretação de cartas topográficas editadas pelo IBGE na escala de 1:50.000, englobando parte das folhas de Pirassununga, SF-23-V-C-V-3; Descalvado, SF-23-V-C-IV-4, Leme, SF-23-Y-A-II-1 e Corumbataí, SF-23-Y-A-I-2. As referidas cartas obtidas em formato vetorial foram devidamente articuladas e georreferenciadas pelo Sistema de Projeção Universal Transverso de Mercator – UTM, sendo adotado o elipsoide Córrego Alegre com meridiano central 45o WGr, seguindo as projeções indicadas nas folhas topográficas.

Basicamente este mapa contém as informações das curvas de nível, rios e corpos d'água, os quais foram obtidos das folhas do IBGE e serviram de referencia para o traçado manual da delimitação da área da BHRO. A área urbanizada e perímetro urbano, informações contidas no referido mapa, foram obtidos através da manipulação dos mapas do Plano Diretor de Pirassununga/SP em Sistema de Coordenadas WGS 84, os quais foram transportados para o Mapa Cadastral através do procedimento de conversão para o sistema UTM – Córrego Alegre-Fuso 23.

Nota-se através da análise dessas informações básicas, que a área da BHRO é formada em sua maioria por áreas rurais pertencentes ao município de Pirassununga/SP e uma pequena parte do município de Porto Ferreira/SP. Pode-se destacar também, que a malha urbana de Pirassununga e o atual perímetro urbano ordenado pelo Plano Diretor da cidade transpõem os limites da área da bacia, evidenciando a tendência de ocupação às margens da Rodovia Anhanguera (SP 330) no sentido Norte-Sul e a Rodovia Pirassununga-

Aguai (SP 225) no sentido leste-oeste. O Mapa Cadastral (Figura 2) é o material cartográfico básico deste trabalho e tem caráter auxiliador para todos os demais levantamentos.

4.2 Mapa de Hipsometria

O Mapa de Hipsometria foi criado a partir do MNT – Modelo Numérico do Terreno gerado a partir da manipulação das cartas topográficas do IBGE no software AutoCad Civil 3D, comando *Elevations*. O mapa tem a finalidade de representar a elevação da BHRO através de uma escala de cores que possui equivalência com a elevação do terreno. Dessa forma, o Mapa de Hipsometria (Figura 3), possibilitou um melhor entendimento do relevo da BHRO, onde através da leitura das escalas de cores criadas a partir de faixas de 20 em 20 metros foi possível identificar as áreas de menor e maior altitude da área estudada. Nota-se, portanto, que as variações altimétricas encontradas na referida área estão entre as altitudes 540m na porção sudoeste da área e 800m na região nordeste da bacia, apresentando um desnível total de 260 metros da cabeceira até a foz da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro.

4.3 Mapa de Declividades

A partir do Modelo Numérico do Terreno, utilizando o software AutoCad Civil 3D, comando *Slopes*, obteve-se a Carta de Declividades (Figura 4), documento cartográfico responsável por representar as variações das inclinações da superfície do terreno em relação ao plano horizontal. A leitura e a interpretação da Carta de Declividades da BHRO, facilita o entendimento e a manipulação no processo de modelagem de informações do meio para a determinação de potencialidades e restrições, bem como para a identificação de elementos e unidades de relevo.

A referida carta caracteriza a área de estudo a partir da distribuição contínua da declividade de uma determinada área por meio de uma faixa de variação da inclinação do terreno, também chamada de classe de declividade. As classes de declividades geradas a partir do fatiamento da superfície da BHRO foram agrupadas em seis faixas, 0-2%; 2-10%; 10-20%; 20-30%; 30-45% e acima de 45% e baseou-se nos limites propostos por Zuquette (1997).

A observação da distribuição de ocorrência das classes de declividades (Tabela 1) permite

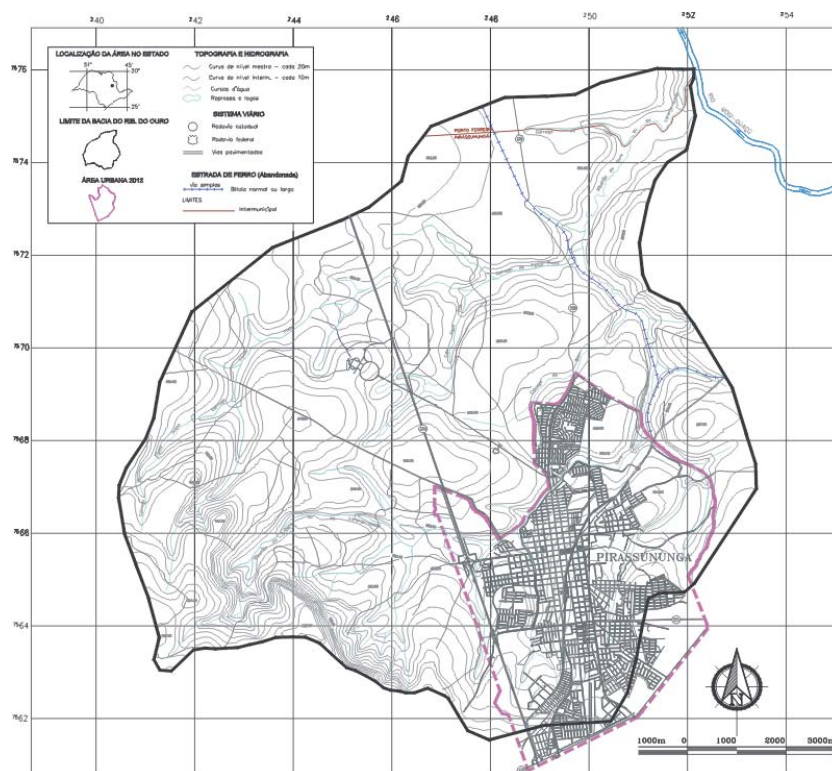


Figura 2 - Mapa Cadastral da BHRO

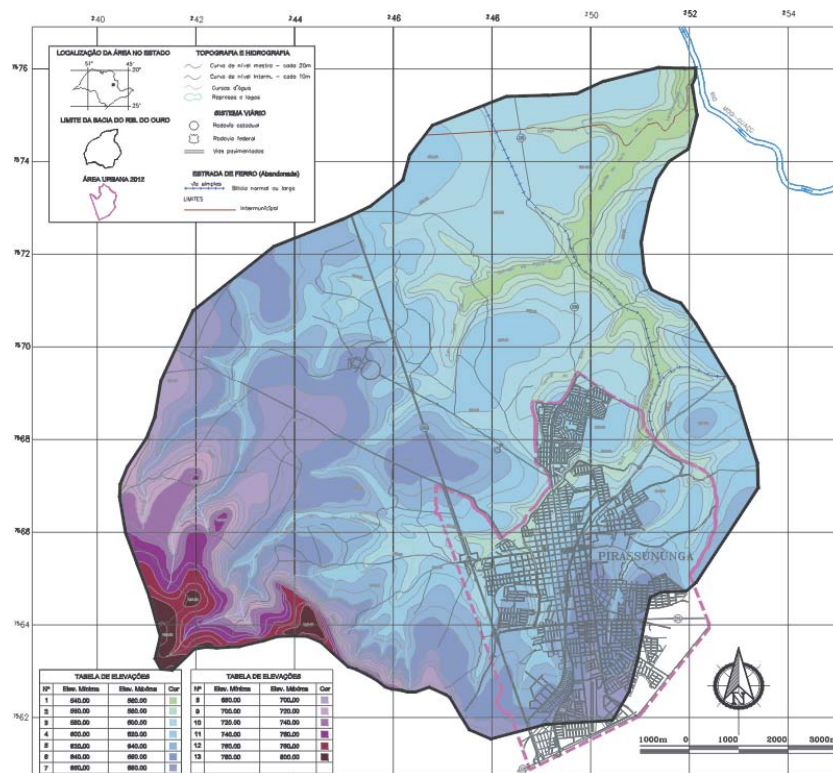


Figura 3 – Mapa de Hipsometria da BHRO.

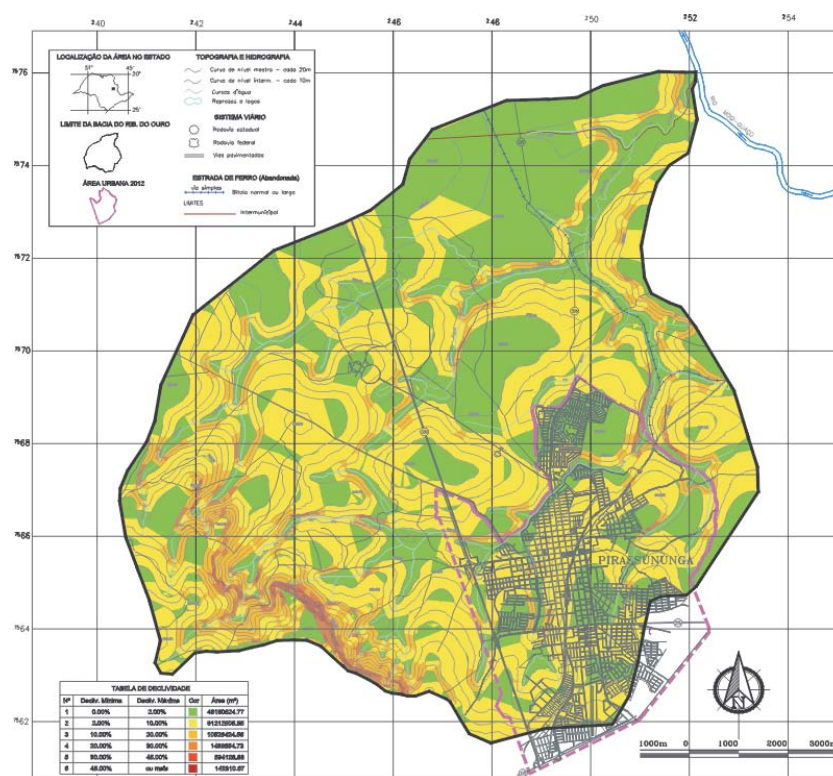


Figura 4 – Mapa de Declividades da BHRO.

constatar que as classes menos restritivas e mais favoráveis a construção de estradas, ao desenvolvimento urbano e industrial e a operação de maquinários agrícolas (Muito Baixa, Baixa e Medianamente Moderada) perfazem aproximadamente 98% da área da bacia, estando contida dentro desses intervalos a área urbana de

Pirassununga.

4.4 Mapa de Sub-bacias Hidrográficas

A subdivisão da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro em seus componentes de menor ordem hierárquica, as chamadas sub-

Tabela 1: Resultado das classes de declividade e valores de ocorrência na área de estudo

TOTAL DA ÁREA ESTUDADA: 125,94 KM ²		
Classes de declividade	Classes de declividades	Total da área ocupada por categoria (%)
1 - Muito Baixa	0 – 2	38,25 %
2 - Baixa	2 – 10	48,60 %
3 - Medianamente Moderada	10 – 20	10,35 %
4 - Moderada	20 – 30	1,80 %
5 - Alta	30 – 45	0,85 %
6 - Muito Alta	>45	0,15 %

Dentre as faixas de declividade adotadas, as faixas mais restritivas de 20-30%; 30-45% e acima de 45% caracterizam as menores ocorrências em área e correspondem a apenas 2,8% da área da bacia.

bacias, permite a pontualização de problemas difusos, tornando mais fácil a identificação de focos de degradação de recursos naturais, da natureza dos processos de degradação ambiental instalados na BHRO, entre outras eventuais ocorrências.

A compartimentação geográfica da BHRO foi realizada com base nas delimitações naturais pré-estabelecidas pelos divisores de água identificados pela leitura e interpretação da malha hídrica e das curvas de nível das folhas topográficas do IBGE. A Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro tem 125,94 Km² de área de drenagem e em seu território estão distribuídos 97,80 km de cursos d'água de forma proporcional entre as suas sub-bacias. Dessa forma, o traçado das subdivisões da BHRO resultou na determinação de 3 (três) sub-bacias e 12 (doze) áreas de contribuição, conforme representadas no Mapa de Sub-bacias. (Figura 5).

4.5 Mapa de Uso e Cobertura do Solo

O mapa de uso e cobertura do solo pode ser caracterizado como um documento cartográfico que retrata a disposição espacial das atividades existentes no meio físico, para um intervalo de tempo definido (Amorim, 2003). A obtenção deste

documento (Figura 6) teve fotografias aéreas do ano de 2010 como fonte de informações, as quais após georreferenciadas, foram submetidas ao procedimento de fotointerpretação.

As principais atividades de uso e ocupação vigentes na bacia ficaram definidas da seguinte forma: 1) Mata Ciliar, presentes ao longo das faixas marginais dos cursos de drenagem; 2) Mata Nativa, vegetação de cerrado e cerradão; 3) Áreas de pastagem; 4) Áreas de cultivo de cana-de-açúcar; 5) Áreas de cultivo de laranja e 6) Área urbana, conforme apresentadas na Tabela 2.

Das ocorrências de uso do terreno caracterizadas por atividades antrópicas, pode-se constatar que a atividade de cultivo de cana de açúcar apresenta o maior percentual de ocorrência em área (55,72%), seguida do cultivo de laranja (12,92%). As atividades de pastagem, principalmente localizadas no interior do campus da Universidade de São Paulo - USP, apresentam uma parcela pouco significativa (4,94%). As atividades relativas às áreas que conservam suas condições naturais do meio, mata nativa e mata ciliar perfazem 14,79% da área da bacia e a área de ocupação urbana corresponde a 11,63%.

Os resultados obtidos permitem classificar a BHRO como uma região com predomínio de atividades de desenvolvimento rural, uma vez que de forma geral, as atividades rurais totalizam 73,58% da área total da bacia.

4.6 Mapa das Formações Geológicas de Superfícies

Segundo São Paulo-IG (1981) e Melo (1995), o Mapa das Formações Geológicas de

Tabela 2: Principais atividades de uso e cobertura do solo vigentes na BHRO no ano de 2010

TOTAL DA ÁREA ESTUDADA: 125,94 KM ²		
TIPO DE USO E OCUPAÇÃO	ÁREA (Km ²)	ÁREA (% do total)
Mata Ciliar	9,87	7,84
Mata Nativa	8,75	6,95
Áreas de pastagem	6,23	4,94
Áreas de cultivo de cana-de-açúcar	70,17	55,72
Áreas de cultivo de laranja	16,27	12,92
Área urbana	14,65	11,63

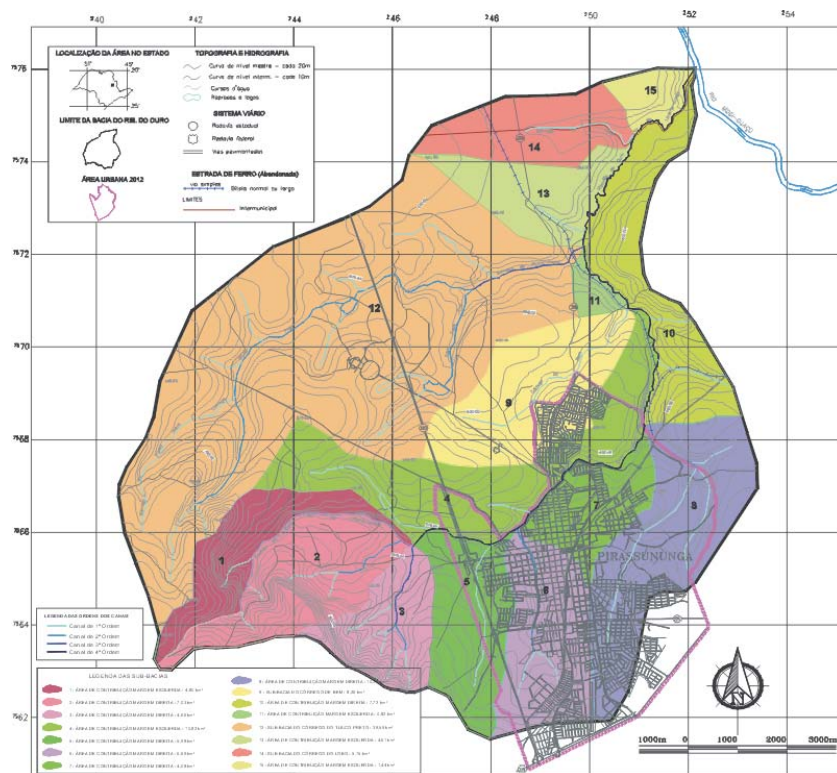


Figura 5 – Mapa de Sub-bacias e Áreas de contribuição.

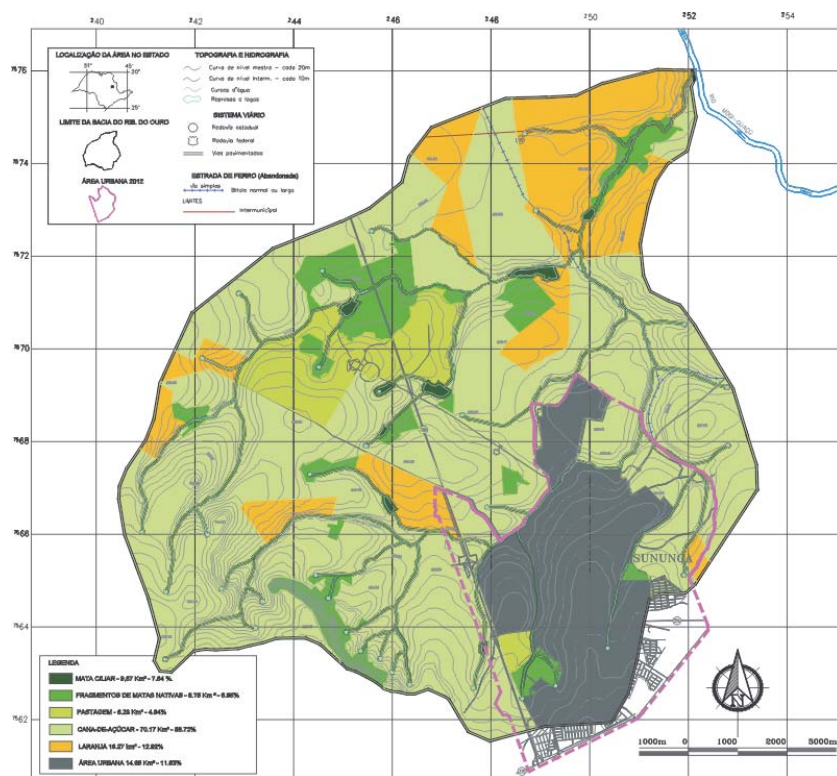


Figura 6 – Mapa de Uso e cobertura do solo.

Superfície (Figura 7), demonstra que a área a ser estudada está situada na bacia sedimentar do Paraná e apresenta as seguintes formações geológicas de superfície:

4.6.1 Paleozóico - Permiano: Formação

Corumbataí:

Presente às margens de partes do Ribeirão do Ouro e seus afluentes, essa formação é constituída, na sua seção inferior, de um pacote de argilitos, folhelhos e siltitos, com fraturas concoidais e concreções calcíferas e ainda um



Figura 7 – Mapa de Formações Geológicas de Superfície.

conjunto de argilitos e folhelhos cinza escuros, de aspecto rítmico, com ocasionais leitos de calcário silicificado, oolítico, além de níveis coquinóides. Na seção superior da formação, ocorre uma seqüência de argilitos e arenitos finos, argilosos, regular a bem classificados, esverdeados, arroxeados e avermelhados.

4.6.2 Mesozóico - Triássico: Formação Pirambóia:

Encontrando-se em uma região de escarpa junto às principais nascentes do Ribeirão do Ouro, essa formação constitui-se de arenitos esbranquiçados, amarelados, avermelhados e róseos, médios a muito finos, ocasionalmente grosseiros, regularmente classificados, siltico-argilosos, quartzosos, com grãos subarredondados e intercalações de siltitos e argilitos. Mais raramente, observam-se ainda arenitos conglomeráticos, com seixos de quartzo e também de argila, com matriz areno-argilosa. Na seção inferior os arenitos tornam-se finos, predominando fácies bastante argilosa. Apresentam acamamento plano-paralelo e estratificação cruzada do tipo planar, menos comumente acanalada, de pequeno e médio porte.

4.6.3 Mesozóico – Jura-Cretácio: Intrusivas básicas:

As áreas oriundas das rochas intrusivas básicas da Formação Serra Geral afloram desde as áreas das escarpas existentes na cabeceira da bacia até as regiões formadas por colinas amplas espalhadas pela BHRO. Essa formação compreende o conjunto de derrames de lavas basálticas, toleíticas, de textura afanítica e de cor cinza escura a preta e intrusivas associadas (diques e soleiras) bastante comuns na área, contendo intercalações de lentes e camadas arenosas, de textura fina a média, com estratificação cruzada, que capeiam as formações gonduânicas da bacia do Paraná. A espessura máxima dos derrames inferiores é de aproximadamente 100 m medida a oeste de Descalvado, mas com um valor médio de 40 m e um máximo de 400 m na serra de Botucatu.

4.6.4 Cenozóico – Terciário: Formação Santa Rita do Passa Quatro:

Predominantemente envolvida pelas formações rochosas de origem basáltica, essa formação conforme descreve Massoli (1981),

pode ser considerada como capeamentos Terciários, sendo pouco espessos, mas com ampla distribuição horizontal, sendo constituída por areias em matriz argilosa, sem estruturas sedimentares, com cascalheira basal de seixos predominantemente de quartzo. Na região da BHRO, esse tipo de formação está localizada pontualmente próxima à altitude 795 m, cota mais alta da cabeceira da bacia estudada.

4.6.5 Cenozóico – Terciário: Formação Pirassununga:

Formação de maior representatividade na área de estudo, a Formação Pirassununga surge na área predominantemente sobreposta à Formação Corumbataí e em meio às Rochas Intrusivas Básicas, localizadas entre as cotas 580 e 670. Constituída por sedimentos arenosos inconsolidados, não estratificados e sem estrutura, verticalmente homogêneos, sobrepostos indiferentemente às formações mais antigas, em cuja base têm sido encontradas, por vezes, linhas de seixos subangulares e arredondados, de formas variadas, ou cascalheiras de espessura centimétrica, ambas compostas por seixos de quartzo, quartzito e limonitas (concreções). Sua espessura não ultrapassa vinte metros e dispõe-se de modo descontínuo na folha de Leme. A coloração predominante desses sedimentos é marron-avermelhada, com baixo grau de seleção, contendo minerais argilosos, grãos de quartzo com vários índices de arredondamento, às vezes com película de óxido de ferro secundário e minerais máficos.

4.6.6 Cenozóico – Quaternário: Depósitos Recentes:

Ocupam as planícies aluvionares que ocorrem em partes do Ribeirão do Ouro e de seus afluentes, sendo constituídos basicamente por sedimentos de granulação fina e por argilas.

4.7 Mapa de Materiais Inconsolidados

O Mapa de Materiais Inconsolidados (Figura 8), foi produzido pela análise de cada parcela do terreno, a partir dos resultados

dos ensaios de mecânica dos solos realizados por Galiano (2001) e adaptada à BHRO. Segundo o referido autor, as áreas foram classificadas segundo a característica do material inconsolidado de cada formação geológica de superfície (residual ou retrabalhado), e a identificação foi feita seguindo a cor de cada formação geológica, com a utilização de tons mais claros para os materiais inconsolidados retrabalhados.

4.7.1 Material inconsolidado residual das rochas Intrusivas Básicas:

O material inconsolidado residual das rochas Intrusivas Básicas aparece em considerável porcentagem na área mapeada, predominantemente nas regiões com suave ondulação, apresentando: textura argilo-siltoso, comportamento laterítico (LG'), nas camadas mais superiores, e não lateríticos (NG'), nas camadas mais profundas, percentagem de argila superior a 50%, silte entre 25 e 40% e umidade ótima de 28 a 32%.

4.7.2 Materiais inconsolidados retrabalhados das rochas Intrusivas Básicas:

Os materiais classificados neste grupo, que aparecem principalmente nos vales das regiões desta formação, apresentaram teores de areia acima de 30% e comportamento laterítico, massa específica seca obtida com o proctor normal em torno de 1,6 g/cm³. Apresentaram permeabilidade baixa a praticamente impermeável, umidade ótima em média 23,0 a 31,0%, CTC do solo variando de 7,3 a 44,0 cmol+/Kg e índice de erodibilidade maior que 1 na maior parte dos ensaios.

4.7.3 Materiais inconsolidados retrabalhados da Formação Pirambóia:

A pequena porção de área referente à Formação Pirambóia apresenta-se com materiais inconsolidados retrabalhados, com menos de 30% de finos e comportamento laterítico, permeabilidades baixas, massa específica seca obtida com o proctor normal em torno de 1,85 g/cm³. Apresentou umidade ótima em média

14,5%, CTC do solo igual a 5,5 cmol+/Kg, e índice de erodibilidade maior que 1.

4.7.4 Materiais inconsolidados residuais da formação Corumbataí:

Os materiais inconsolidados, existentes neste grupo, perfazem aproximadamente 90 % da área da formação geológica. Apresentaram menos de 15% de areia em alguns pontos de coleta. Na maior parte dos ensaios, os materiais inconsolidados apresentaram comportamento não laterítico e permeabilidades baixas. Apresentaram permeabilidade baixa a quase impermeável, massa específica seca obtida com o proctor normal, variando de 1,28 a 1,90 g/cm³, com umidade ótima em média variando de 10,0 a 31,0%, CTC do solo com resultados de 16,5 a 64,2 cmol+/Kg e índice de erodibilidade maior que 1, nas camadas superiores, e menor que 0,60 nas camadas inferiores.

4.7.5 Materiais inconsolidados retrabalhados da Formação Pirassununga:

Esses materiais aparecem em grande parte da área mapeada, nas regiões de extensos topos planos da planície do rio Mogi Guaçu, apresentaram menos de 30% de finos, permeabilidade média, comportamento não laterítico, na maioria dos pontos coletados. Alguns pontos apresentam menos de 20 % de finos (mais de 80% de areias) onde foram encontradas areias não lateríticas e permeabilidades médias (10-4 cm/s). Em outro local foram identificados solos de coloração mais avermelhada onde foram encontradas porcentagens altas de finos, com acréscimo de areia em profundidade, apresentando permeabilidade mais baixa (10-3 cm/s) e comportamento de argila laterítica em todas as profundidades.

4.7.6 Materiais inconsolidados residuais da Formação Santa Rita do Passa Quatro:

A formação Santa Rita do Passa Quatro apresenta uma pequena parcela de terreno em relação à era de estudo. Encontra-se em uma área de topo plano, com declividades abaixo de 5%, situada na extremidade sudoeste da

quadrícula. Toda essa parcela foi considerada como materiais inconsolidados residuais desta formação, considerando as características de relevo, declividade e observações de campo. Feres (2002), descreve as características destes materiais com permeabilidade média, variando entre 10-3 e 10-4cm/s e textura arenosa, apresentando ainda espessuras de aproximadamente 8m e com alto índice de erodibilidade.

4.7.7 Materiais inconsolidados das áreas de aluvião:

As amostras de materiais inconsolidados das áreas de aluvião foram coletadas em locais mais altos, onde sazonais alagamentos ocorreriam somente em grandes cheias. Os materiais originários das áreas de aluvião apresentam textura arenosa, com menos de 30% de finos, permeabilidade média, massa específica seca, obtida com o proctor normal variando de 1,84 a 1,96 g/cm³, com umidade ótima em média 24,7%, CTC do solo com resultados que variam de 5,5 a 9,2 cmol+/Kg.

4.8 Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação.

O Mapa de Unidades de Compartimentação (Figura 9), foi elaborado a partir da metodologia de Vedovello (2000), a qual foi aplicada em estudos voltados a subsidiar o planejamento e o gerenciamento ambiental de diferentes regiões do Estado de São Paulo.

Em linhas gerais, o autor esclarece que uma compartimentação fisiográfica consiste em dividir uma determinada região em áreas que apresentem internamente características fisiográficas homogêneas e que sejam distintas das de áreas adjacentes.

A delimitação das unidades básicas de compartimentação da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro ficou definida conforme demonstrado no Quadro 1 e descrição a seguir.

4.8.1 CAIP 1 –

Aluvião em planícies fluviais, amplitude de 0 a 5 m, declividade de 0 a 5%, vales abertos, com baixa frequência de canais.



Figura 8 – Mapa Materiais Inconsolidados.

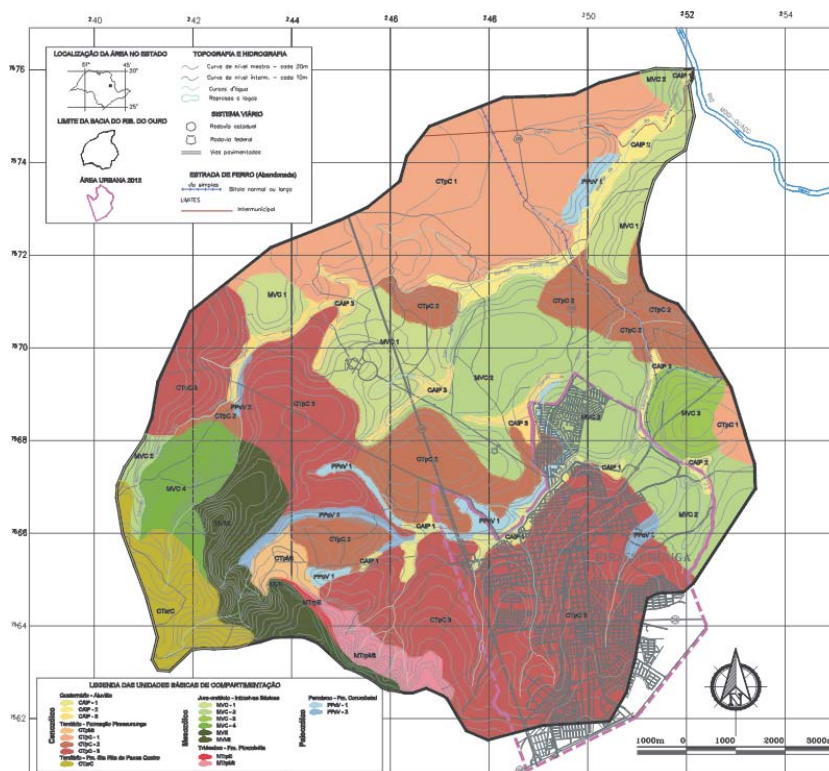


Figura 9 – Mapa Unidades Básicas de Compartimentação.

4.8.2 CAIP 2 –

Aluvião em planícies fluviais, amplitude de 0 a 5 m, declividade de 5 a 20%, vales abertos, com baixa frequência de canais.

4.8.3 CAIP 3 –

Aluvião em planícies fluviais, amplitude de 5 a 60m, declividade de 0 a 5%, vales abertos, com baixa frequência de canais.

Quadro 1: Delimitação das unidades básicas de compartimentação

Província	Zona	Sub-zona	Ubc's
Cenozóico (C)	Quaternário Aluviões (Al)	Planície Fluvial (P)	CAIP 1 a 3
	Terciário Fm. Pirassununga (Tp)	Morrote (Mt)	CTpMt
		Colina (C)	CTpC 1 a 3
	Terciário Fm. St. Rita do P. Quatro (Tsr)	Colina (C)	CTsrC
Mesozóico (M)	Jura-cretácio Intrusivas Básicas (V)	Morrote (Mt)	MVMt
		Colina (C)	MVC 1 a 4
		Escarpa (E)	MVE
	Triássico Fm. Pirambóia (Trp)	Morrote (Mt)	MTrpMt
		Escarpa (E)	MTrpE
Paleozóico (P)	Permiano Fm. Corumbataí (Pc)	Vale (V)	PPcV 1 a 2

4.8.4 CTpMt -

Formação Pirassununga em morrotes, topos angulosos, encostas côncavas, amplitude de 5 a 60 m, declividade de 5 a 20%, vales fechados, com baixa frequência de canais.

4.8.5 CTpC 1 -

Formação Pirassununga em colinas suave onduladas, encostas convexas, amplitude de 5 a 60 m, declividade de 0 a 5%, vales abertos, com baixa frequência de canais.

4.8.6 CTpC 2 -

Formação Pirassununga em colinas suave onduladas, encostas convexas, amplitude de 5 a 60 m, declividade de 5 a 20%, vales abertos, com baixa frequência de canais.

4.8.7 CTpC 3 -

Formação Pirassununga em colinas suave onduladas, encostas convexas, amplitude de 60 a 120 m, declividade de 0 a 5%, vales abertos, com baixa frequência de canais.

4.8.9 CTsrC -

Formação Santa Rita do Passa Quatro em colinas onduladas, encostas convexas, amplitude de 5 a 60 m, declividade de 5 a 20%, vales fechados, com baixa frequência de canais

4.8.10 MVE -

Intrusivas Básicas em escarpas, encostas retilíneas, amplitude de 120 a 180 m, declividade acima de 45%, vales fechados, isenta de canais.

4.8.11 MVMt -

Intrusivas Básicas em morrotes de topo arredondado, encostas convexas, amplitude de 60 a 120 m, declividade de 5 a 20%, vales fechados, com baixa frequência de canais.

4.8.12 MVC 1 -

Intrusivas Básicas em colinas onduladas, encostas convexas, amplitude de 5 a 60 m, declividade de 5 a 20%, vales abertos, com baixa frequência de canais.

4.8.12 MVC 2 -

Intrusivas Básicas em colinas onduladas, encostas convexas, amplitude de 5 a 60 m, declividade de 5 a 20%, vales fechados, com baixa frequência de canais.

4.8.13 MVC 3 -

Intrusivas Básicas em colinas onduladas, encostas convexas, amplitude de 60 a 120 m, declividade de 5 a 20%, vales abertos, com baixa frequência de canais.

4.8.14 MVC 4 –

Intrusivas Básicas em colinas onduladas, encostas convexas, amplitude de 60 a 120 m, declividade de 5 a 20%, vales fechados, com baixa frequência de canais.

4.8.15 MTrpMt -

Formação Pirambóia em morrotes, topos angulosos, encostas côncavas, amplitude de 5 a 60 m, declividade de 20 a 30%, vales fechados, com baixa frequência de canais.

4.8.16 MTrpE –

Formação Pirambóia em escarpas, encostas retilíneas, amplitude de 120 a 180 m, declividade acima de 45%, vales fechados, isenta de canais.

4.8.17 PPcV 1 –

Formação Corumbataí em vales abertos, amplitude de 0 a 5 m, declividade de 0 a 5%, vales abertos, número de canais com baixa frequência de canais.

4.8.18 PPcV 2 –

Formação Corumbataí em vales fechados, amplitude de 0 a 5 m, declividade de 0 a 5%, vales abertos, número de canais com baixa frequência de canais.

Dentre os resultados alcançados pela compartimentação da área, ressalta-se que entre os níveis taxonômicos adotados, foram identificados três províncias distintas, sendo elas pertencentes ao período Cenozóico, Mesozóico e Paleozóico, as quais ainda sofreram as devidas subdivisões em zonas, subzonas e finalmente em 18 UBC's.

As unidades de terreno que mais se destacam são as colinas suavemente onduladas e os vales abertos que predominam sobre quase toda a área de estudo, a qual apresenta declividades menores que 10% de inclinação em mais de 86% área da bacia. De modo geral, pode-se afirmar ainda que as formas de drenagem observadas nas unidades apresentam-se bastante homogêneas e são representadas fortemente por

uma rede dendrítica com baixa frequência de canais em toda a bacia estudada.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A delimitação de uma área para a realização do Zoneamento Geoambiental varia de um trabalho para o outro, adotando-se quase sempre para a finalidade pretendida as unidades litológicas, unidades geomorfológicas, bacias hidrográficas, limites municipais, etc. A bacia hidrográfica é considerada a unidade territorial mais adequada por alguns especialistas para uma gestão ambiental integrada que busque adotar práticas sustentáveis, considerando os aspectos físicos e econômicos. Sabe-se também, que além da definição da bacia hidrográfica como unidade de estudo e planejamento, é imprescindível a realização de uma abordagem fisiográfica em que os elementos são analisados integradamente dentro de uma bacia, valendo ressaltar aqui, a compartimentação da área em unidade distintas. Dessa forma, o trabalho trouxe ainda a delimitação da área em Unidades Básicas de Compartimentação, metodologia que tem sido aplicada em diversos estudos voltados a subsidiar o planejamento e o gerenciamento ambiental de diferentes regiões do Estado de São Paulo.

Diante do exposto, a última consideração a ser feita é que as atividades desenvolvidas neste trabalho permitem a elaboração de novos documentos cartográficos, em especial à Carta de Zoneamento Geoambiental, a qual segundo Vedovello (2000), pode ser obtida através da aplicação da regra de classificação e consiste em atribuir, a cada UBC, uma das classes da carta geotécnica, a qual pode ser feita diretamente pelo executor da cartografia ou por meio de procedimentos informatizados.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Dr. Reinaldo Lorandi e aos demais amigos e professores que me ensinaram, apoiaram e incentivaram durante as mais diversas atividades realizadas neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, H. R. **Estudo dos Atributos do**

- Meio Físico como Base para o Zoneamento Geoambiental da Região de Influência do Reservatório da Usina Hidroelétrica de Cacinde (SP).** Dissertação de Mestrado: EESC/USP, São Carlos, SP, 2003. 174p.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. **Proposta Metodológica para Estudos Integrados do Potencial Geoambiental em Escalas de Semidetalhe.** s.l., (Projeto Radambrasil –Grupo de Estudos Integrados, coordenado por Teresa Cardoso da Silva), 16 p., 1984.
- BRASIL-IBGE. 1971a. **Descalvado.** Carta do Brasil – Escala 1:50000. Folha SF-23-V-C-IV-4. 1ª edição. Fundação IBGE. Departamento de Cartografia.
- BRASIL-IBGE. 1971b. **Corumbataí.** Carta do Brasil – Escala 1:50000. Folha SF-23-Y-A-I-2. 1ª edição. Fundação IBGE. Departamento de Cartografia.
- BRASIL-IBGE. 1971c. **Leme.** Carta do Brasil – Escala 1:50000. Folha SF-23-Y-A-II-1. 1ª edição. Fundação IBGE. Departamento de Cartografia.
- BRASIL-IBGE. 1971d. **Pirassununga.** Carta do Brasil – Escala 1:50000. Folha SF-23-V-C-V-3. 1ª edição. Fundação IBGE. Departamento de Cartografia.
- CAMPANELLI, L.C. **Zoneamento (Geo) Ambiental Analítico da Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho-São Carlos (SP),** São Carlos, 2012. 136p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos.
- CENDRERO, A. Mapping and evaluation of coastal areas for planning. **Ocean & Shoreline Management**, v. 12, p. 427-462. 1989.
- FEITOSA, F.A.C. et al. 2008. **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações.** 3ª ed. rev. e ampl. - Rio de Janeiro: CPRM: LABHID,2008. 812p.
- FERES, R. **Análise de processos de erosão acelerada, com base em fotografias aéreas e geoprocessamento: Bacia do Rio Bonito (Descalvado, SP).** 2002. 142p. Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. Tese (Doutorado).
- GALIANO, V. A. **Mapeamento geotécnico da Quadrícula de Pirassununga (SP) na escala 1:50.000, como subsídio ao planejamento do meio físico.** Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. UFSCar. São Carlos. SP. 2001. 2v. 140 p. + Anexos. Dissertação (Mestrado).
- GISLER, C. V. T. **Estrutura e função de matas ciliares remanescentes e implantadas em Santa Cruz das Palmeiras - SP.** Rio Claro: UNESP, 2000. 167p. Tese (Doutorado).
- JUNQUEIRA, Cássia de Ávila Ribeiro. **Zoneamento Geoambiental na Bacia do Rio Fartura abrangendo os municípios de São José do Rio Pardo, São Sebastião da Gramma e Águas da Prata (SP).** São Carlos: UFSCAR, 2012. 194 p. Tese (Doutorado).
- MASSOLI, M. Geologia do município de Santa Rita do Passa Quatro. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, 2(2):79-89, jun-dez. 1981.
- MASSOLI, M. Geologia da Folha de Pirassununga. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, 4(1/2):24-51, jan-dez. 1983.
- MELO, M. S. **A Formação Rio Claro e depósitos associados: sedimentação neocenoica na Depressão Periférica Paulista.** São Paulo. USP - Instituto de Geociências. 144p. + 4 mapas. 1995. Tese (Doutorado).
- MENDONÇA, F. & OLIVEIRA, I. M. D. **CLIMATOLOGIA: noções básicas e climas do Brasil.** São Paulo. Oficina de textos, 2007. 206 p.
- OHARA, T.; JIMENEZ-RUEDA, J. R.; MATTOS, J. T. de; CAETANO, N. R. Zoneamento Geoambiental da Região do Alto-Médio Rio Paraíba do Sul e a Carta de Aptidão para Implantação de Obras Viárias. 2003. **Revista Brasileira de Geociências**, 33:173-182
- PEDRO, F. G.; LORANDI, R. Potencial natural de erosão na área periurbana de São Carlos - SP. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, vol. 1, n.56, p. 28-33, 2004.
- QUEIROZ NETO, J. P. de – Erosão dos solos tropicais e seu controle: Exemplo do Estado de São Paulo. VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão, **Anais** em multimídia. Goiânia (GO), 2001. 11p.

ROSS, J.L.S.; MOROZ, I.C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo, SP: FFLCH/USP e IPT/FAPESP, 1997. Mapas e Relatório. 94p.**

SÃO PAULO - FFLCH/USP-IPT-FAPESP. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo.** Por: Jurandyr Luciano Sanches Ross e Isabel Cristina Moroz (Coords). 64p. + Mapa color. Escala: 1:500.000. 1997.

VEDOVELLO, R. **Zoneamentos geotécnicos aplicados à gestão ambiental, a partir de**

unidades básicas de compartimentação – UBCs. Total p. Tese (doutorado em geociências). Instituto de Geociências e Ciências Exatas. UNESP – Campus Rio Claro. Rio Claro. 2000. 154p.

ZUQUETTE, L.V.; PEJON, O. J.; GANDOLFI, N. G. Rodrigues, J. E. Mapeamento geotécnico: parte I – atributos e procedimentos básicos para elaboração de mapas e cartas. **Revista Geociências.** V. 16. nº 2 p. 491-524. 1997.